

KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

PUBLICATION

(51) IPC Code: H01L 27/14

(11) Publication No.: P1999-008434

(43) Publication Date: 25 January 1999

(21) Application No.: 10-1997-707964

(22) Application Date: 8 November 1997

(71) Applicant:

Analogic Corporation

(54) Title of the Invention:

Coplanar X-ray photodiode assemblies

Abstract:

A coplanar photodiode construction is disclosed having particular utility in X-ray detection applications in which alternating P-doped and N-doped regions, separated by undoped material, are located in relatively shallow depth under and along the surface between the photodiode and an associated X-ray scintillating crystal.

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷
H01L 27/14

(11) 공개번호 특1999-008434
(43) 공개일자 1999년01월25일

(21) 출원번호 특1997-707964
(22) 출원일자 1997년11월08일
 번역문제출일자 1997년11월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US 96/006243 (87) 국제공개번호 WO 96/036078
(86) 국제출원출원일자 1996년05월03일 (87) 국제공개일자 1996년11월14일
(81) 지정국 AP, ARIPO특허 : 케냐 레소토 말라위 수단 스와질랜드 우간다
EA, EURASIAN특허 : 아르메니아 아제르바이잔 벨라루스 키르기즈스탄 카자흐스탄 몰도바 러시아 타지키스탄 투르크메니스탄
EP, 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴 핀란드
국내특허 : 알바니아 아르메니아 오스트리아 오스트레일리아 아제르바이잔 바베이도스 불가리아 브라질 벨라루스 캐나다 스위스 중국 체코 독일 덴마크 에스토니아 스페인 핀란드 영국 그루지아 헝가리 아이슬란드 일본 케냐 키르기즈스탄 북한 대한민국 카자흐스탄 스리랑카 라이베리아 레소토 리투아니아 룩셈부르크 라트비아 몰도바 마다가스카르 마케도니아 몽골 말라위 멕시코 노르웨이 뉴질랜드 슬로베니아 슬로바키아 타지키스탄 투르크메니스탄 터키 트리니다드토바고 우크라이나 우간다 우즈베키스탄 베트남 폴란드 포르투갈 루마니아 러시아 수단 스웨덴 싱가포르 미국
(30) 우선권주장 8/436,572 1995년05월08일 미국(US)
(71) 출원인 아날로직코포레이션 토비에취, 쿠스머
미합중국 매사추세츠 01960 파보디 센테니얼 드라이브 8
보트카알렉산더티
(72) 발명자 미합중국 버몬트 05444 캄브릿지 박스 570 알람 1
류발벤
미합중국 매사추세츠 02146 브록클린 샤프 3 프리먼 스트리트 229
마르코비치소린
미합중국 매사추세츠 02173 렉싱턴 토드 로드 1
(74) 대리인 이훈

심사청구 : 없음

(54) 공면 X-선 포토다이오드 조립체

요약

본 발명의 공면 포토다이오드(50)의 구조는 X-선 검출분야에 사용되는 것으로 비도핑 물질의 영역(61)으로 분리된 교차하는 P-도핑영역(54)과 N-도핑영역(56)이 포토다이오드와 X-선 신틸레이팅 크리스탈(74) 사이의 면 아래에서 이를 따라 비교적 얇은 길이로 배치된다.

도면

도1

발명자

발명의 상세한 설명

본 발명은 개선된 X-선 포토다이오드, X-선 검출장치에 연결하여 사용하기 위한 이러한 다이오드의 다중요소 어레이와, 본 발명의 개선된 포토다이오드를 이용한 개선된 X-선 검출시스템에 관한 것이다.

통상적으로 컴퓨터 단층촬영과 같은 분야의 X-선 검출시스템은 신틸레이팅 크리스탈(scintillating crystals)과 포토다이오드의 조합을 이용한다. 예를 들어, CAT 스캐너 시스템은 신체를 통과하는 단일평면 내에서 여러 각도로 다수의 단면상 X-선 슬라이스를 얻도록 작동한다. X-선 소오스와 검출기의 어레이는 신

체를 중심으로 하여 선택된 평면 내에서 회전하는 환상검출기의 대향된 양측에 배치된다. 검출기 어레이에 의하여 발생된 신호는 디지털화 되고 수학적으로 처리되어 신체의 단면 이미지를 생성한다.

신틸레이팅-포토다이오드 X-선 검출시스템에 있어서, 입사 X-선은 신틸레이팅 크리스탈에 의하여 흡수되어 가시광선으로 변환된다. 그리고 이 가시광선이 실리콘 포토다이오드에 흡수되어 이 실리콘 포토다이오드는 P-N 접합으로부터 확산되어 전류를 발생하는 전자정공쌍으로 광선을 변환시킨다. 전형적으로 전류는 크기가 매우 작으므로 포토다이오드 신호를 증폭시켜 이를 전압으로 변환시키는 증폭수단을 이용하는 것이 상례이다. 이러한 신틸레이팅-포토다이오드 전자증폭기 시스템의 출력은 크기가 신틸레이팅 크리스탈에 입사되는 입사 X-선속에 비례하는 전압이다. 이러한 형태의 시스템은 Thomas H. Newton과 D. Gordon Potts(ed.s.)의 Technical Aspects of Computed Tomography Vol. 5, 4127-4132 (1981)에 수록된 Promod Hague의 Scintillator crystal-photodiode array detectors에 기술되어 있다.

전형적인 포토다이오드 구조에 있어서, 실리콘 웨이퍼는 이 웨이퍼의 제 1 면에 인접하여 협소한 P-형 영역과 제 2의 대향된 면에 인접하여 협소한 N-형 영역을 형성토록 적당히 도핑되고 P 및 N 영역은 웨이퍼의 내측부에서 거의 고요영역에 의하여 분리된다. 예를 들어 통상적으로는 보론 도판트를 이용하여 P-형 영역을 형성하고 인 도판트를 이용하여 N-형 영역을 형성한다. 포토다이오드는 예를 들어 N-형 면을 따라서 기재상에 부착되고 신틸레이팅 크리스탈은 인접한 신틸레이팅 크리스탈과 포토다이오드 면 사이의 결합매체로서 실리콘 그리이스 또는 투광성 에폭시를 이용하여 P-형 면을 따라 부착된다. 전기단자가 포토다이오드에 의하여 발생된 전류를 수집토록 각각 P와 N 영역에 연결된다.

상기 언급된 종래기술의 포토다이오드 구조는 적외선 범위의 광선을 검출하는데 아주 적합한다. 그 이유는 이들의 광자가 표면으로부터 거리를 둔 내부장소에서 전자정공쌍을 발생하기 때문이다. 따라서 적외선의 정확한 관측은 전하가 실리콘의 많은 내부체적 상에 수집되는 것을 요구한다. 대조적으로 X-선 신틸레이팅 크리스탈은 적외선 파장의 약 반에 해당하는 파장을 갖는 형색광자를 발생하는 것이 잘 알려져 있다. 적외선광과는 달리 갖지 않게 이러한 형색광자는 실리콘 내에 수 마이크로 정도를 침투한다. 따라서 X-선 검출분야에 있어서, 변형 발명자들은 포토다이오드의 표면으로부터 그리고 포토다이오드 표면에 근접한 이들의 내부영역으로부터 광발생 전하를 수집하는 것만이 필요함을 확인하였다.

그러나, 동시에 X-선 검출에 관련된 전기신호의 레벨이 매우 낮기 때문에 잡음, 전기적인 누설, 광학적 누설과 전기적인 응답 등의 잘 알려진 문제들이 매우 중요하게 된다. 여기에서 전기적인 누설은 인접한 신틸레이팅 크리스탈-포토다이오드 쌍과 이들의 각 전극의 다중 어레이에서 일어날 수 있는 현상이다. 만약 제 1 신틸레이팅 크리스탈-포토다이오드 쌍으로 유입되는 X-선속에 의하여 발생된 전기적인 신호가 인접한 신틸레이팅 크리스탈-포토다이오드 쌍에 결합된 전극에서 우발적으로 수집되는 경우 그 결과는 검출판독 값에 에러를 보인다.

전기적인 응답은 두꺼운 전기적인 매체가 느려지고 그 크기가 감소하며 이러한 매체를 통과하는 전기적인 신호가 왜곡될 수 있는 문제에 관련한 것이다. 만약 통상적인 X-선 포토다이오드 구조가 형색광자를 발명토록 하는데 사용되는 경우, 예를 들어 신틸레이팅 크리스탈 포토다이오드 인터페이스에 인접한 1-3 마이크로 포토다이오드 공핍영역에서 발생된 전기적인 신호는 캐소우드 단자에 도달하기 위하여 300 마이크로 이상의 실리콘을 통해 재조합 없이 이동되어야 하며, 이로써 검출판독 값이 비교적 느리고 부정확한 결과를 보이게 된다. 따라서, 발생한 전하가 전기적인 단자에 도달하기 위하여 이동되어야 하는 전로의 길이를 짧게 하는 것이 바람직하다.

본문에 사용된 광학적 누설이라는 용어는 제 1 신틸레이팅 크리스탈-포토다이오드 쌍의 신틸레이팅 크리스탈에서 발생된 광자의 일부가 제 2의 인접한 포토다이오드 쪽으로 통과하는 문제에 관련한 것이다. 마찬가지로 제 1 신틸레이팅 크리스탈로부터의 광자는 금속화된 전기적인 접점으로부터 반사되어 인접한 크리스탈 쪽으로 편향되고 이러한 인접 크리스탈에 결합된 포토다이오드 쪽으로 향하게 된다. 양자의 경우에 있어서 제 1 신틸레이팅 크리스탈-포토다이오드 쌍의 포토다이오드 대신에 제 2의 인접한 포토다이오드에서 전하가 발생되는 결과를 가져오고 다시 검출에러의 결과를 보인다. 잡음의 문제는 신틸레이팅 크리스탈 쪽으로 향하는 X-선속의 일부가 실리콘의 전기적인 활성영역으로 통과하여 실리콘의 직접적인 이온화에 의해 전하를 발생시킬 때에 일어난다. 다시 잡음 현상의 결과로 검출판독 값에 에러를 보인다.

통상적인 X-선 포토다이오드와 포토다이오드 어레이가 갖는 상기 언급된 문제들을 극복하거나 최소화하기 위하여, 통상적으로 제조가 용이하고 신속하며 경비가 적게 들고 고도의 균일성을 갖는 X-선 포토다이오드를 생산하는 것이 바람직하다. 종래기술의 포토다이오드 설계가 갖는 이들 문제점과 기타 다른 문제점, 그리고 그 제한성은 본 발명의 공면 X-선 포토다이오드, 공면 포토다이오드 어레이와, 공면 포토다이오드 X-선 검출시스템에 의하여 대부분 해소된다.

따라서, 본 발명의 목적은 공면 X-선 포토다이오드와, 이러한 공면 포토다이오드를 이용한 포토다이오드 어레이 및 X-선 검출시스템을 제공하는데 있다.

본 발명의 근본 목적은 포토다이오드의 단일외면을 따라 그리고 이에 근접하여 전하의 발생 및 수집을 위한 최적구조를 갖는 포토다이오드를 제공하는데 있다.

본 발명의 다른 목적은 포토다이오드의 단일외면을 따라 모든 전기적인 접점을 갖는 포토다이오드를 제공하는데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 X-선 검출을 위하여 인접한 포토다이오드의 어레이에 사용하기에 적합한 공면 포토다이오드 조립체를 제공하는데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 누설효과가 적은 인접공면 포토다이오드의 어레이를 제공하는데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 신틸레이팅 크리스탈과 공면 포토다이오드 쌍의 어레이로 구성되는 X-선 검출시스템을 제공하는데 있다.

본 발명의 전체적인 목적은 본 발명에 따른 공면 포토다이오드와 공면 포토다이오드 어레이를 이용하여 종래 기술에 비하여 성능이 개선되고 생산비용이 낮은 X-선 검출시스템을 제공하는데 있다.

본 발명의 이를 목적과 기타 다른 목적을 그리고 잊정함이 예시 도면에 의한 다음의 설명으로부터 잘 이해할 수 있을 것이다.

본 발명의 공면 포토다이오드와 공면 포토다이오드 어레이는 제 1 웨이퍼면을 따라 비교적 얇은 밴드에 배치되고 광도핑 실리콘의 영역으로 둘러 싸이는 교차형 P-도핑 및 N-도핑영역을 갖는 실리콘 웨이퍼로 구성된다. 특히 포토다이오드 또는 포토다이오드 어레이에서, 제 1 웨이퍼면을 따른 P-도핑 또는 N-도핑영역은 각 P 및 N 밴드의 상대측에 따라 결정되는 바와 같이 지배적이다. 또한 본 발명의 실리콘 웨이퍼는 제 1 웨이퍼면을 따른 주곡선과 반대곡선을 가지고 광도핑 실리콘 영역에 의하여 제 1 웨이퍼면을 따른 P 및 N 영역으로부터 분리된 다른 도핑영역으로 구성된다. 본 발명에 따른 포토다이오드 어레이를 이용하는 X-선 검출시스템은 신틸레이팅 크리스탈이 지배적인 각 P 또는 N 밴드에 인접하여 이에 결합되게 광에 폭자를 이용하여 각 포토다이오드의 제 1 웨이퍼면에 X-선 신틸레이팅 크리스탈을 집적함으로써 구성된다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일부를 구성하거나 본 발명에 의하여 커버되지 아니하는 종래기술의 X-선 검출 포토다이오드의 실시형태를 보인 단면도.

도 2는 본 발명에 따른 공면 포토다이오드(또는 공면 포토다이오드 어레이의 일부분)의 실시형태를 보인 단면도.

도 3은 도 2에서 보인 공면 포토다이오드의 3-3선 확대단면도.

도 4는 본 발명에 따른 신틸레이팅 크리스탈과 함께 공면 포토다이오드를 보인 부분 사시도.

실시예

도 1은 비교를 위하여 적외선광의 검출용으로 사용되는 전형적인 종래기술의 PIN 포토다이오드(10)의 단면을 보인 것이다. 포토다이오드(10)는 실리콘 웨이퍼의 제 1 면(14)을 따라 P-도핑(p+)영역(12)을 갖는 실리콘 웨이퍼(11)로 구성된다. 전기접점(16)이 영역(12)의 표면에 부착되고 와이어수단(18)을 통하여 애노우드 단자(20)에 연결된다. P-도핑영역(12)은 실리콘벌크(bulk) 영역(22)으로 둘러 싸인다. p+ 영역으로부터 대향된 웨이퍼면(11)의 측은 전도층(26)으로 금속화된 N-도핑(n+)영역(24)으로 구성된다. 와이어수단(28)(30)이 면(14)의 전기접점(32)(34)을 각각 금속화층(26)에 연결하고 와이어수단(36)은 금속화층(26)을 캐소우드 단자(38)에 연결한다.

도 1의 검출장치는 적외선 광자가 비교적 깊게 실리콘 웨이퍼(11)로 침투하고 광자가 웨이퍼로 입사되는 표면(14)으로부터 비교적 거리를 둔 장소에서 전하가 발생되므로 적외선을 검출하는데 아주 적합하다. 그러나, X-선 검출시스템은 검출을 위하여 X-선을 청색광으로 변환시키기 위해 예를 들어 카드뮴 텔루라이드, 세슘 브로마이드, 요오드화 나트륨, 비스무트 게르마늄화물 등으로 구성되는 슬러티 스테이트 신틸레이팅 크리스탈을 이용한다. 이들 통상적인 X-선 신틸레이팅 크리스탈은 X-선을 적외선 광선으로 변환시키지 못하고 실리콘 웨이퍼로 수 마이크로 밖에 침투하지 못하는 약 400-600nm의 파장을 갖는 청색광자로 변환시킬 뿐이다. 따라서, X-선 검출시에 모든 전하는 청색광선이 실리콘 웨이퍼 내로 입사하는 표면의 수 마이크로, 예를 들어 약 1-3 마이크로 내에서 발생된다. 포토다이오드는 전형적으로 그 두께가 300 마이크로 정도이므로 X-선 검출에 있어서는 통상적인 포토다이오드의 경우 상부의 약 1-2% 만이 실질적인 목적으로 사용되며 나머지는 표면영역을 지지하는 지지구조물로서의 역할을 하게 된다.

대조적으로, 도 2에서 보인 바와 같이, 본 발명의 공면 포토다이오드는 X-선 신틸레이팅 크리스탈에 의하여 발생된 청색광선을 효율적으로 검출할 수 있도록 특별히 설계되어 있다. 본 발명의 한 실시형태에 따른 공면 포토다이오드(50)는 실리콘 웨이퍼의 제 1 평면상 면(58)을 따라서 이에 인접하여 교대로 배열된 밴드의 얇은 P-도핑(p+)영역(54)과 약간 깊은 N-도핑(n+)영역(56)을 갖는 실리콘 웨이퍼(52)로 구성된다. P-도핑영역(54)과 N-도핑영역(56)은 실리콘 벌크(bulk)영역(60)으로 형성되어 있다. 영역(54)과 영역(56)의 교차밴드(54)는 도 2에서 보인 바와 같이 실리콘 벌크영역(60)의 협소밴드(61)에 의하여 분리된다. 본 발명의 우선 실시형태에 있어서, 영역(54)은 면(58)으로부터 약 1-2 마이크로 길이까지 연장된 반면에 영역(56)은 면(58)으로부터 약 2-3 마이크로 길이까지 연장되어 있다. 본 발명의 우선 실시형태에 있어서, 영역(54)은 폭이 약 800-1000 마이크로이고 영역(56)은 폭이 약 500-750 마이크로이며 영역(54)(56)의 인접한 밴드를 분리하는 영역(60)의 밴드는 폭이 약 10-25 마이크로이다.

포토다이오드(50)는 N-도핑영역(56)과 비교하여 영역(54)의 폭을 비교적 넓게 하여 보인 바와 같이 P-도핑영역(54)이 면(58)을 따라 우세한 구조를 보이고 있다. 본 발명의 다른 실시형태에서 우세영역(54)이 N-도핑영역(56)이고 영역(56)이 P-도핑영역일 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또 다른 실시형태에서 실리콘 웨이퍼(52)는 웨이퍼면(58)을 따라 교차하는 P 및 N-도핑영역(54)(56)과의 사이에 실리콘 벌크영역(60)을 형성하도록 이 영역(60)의 하측에 다른 N-도핑영역(62)이 구성될 수 있다. 우세영역(54)이 N-도핑영역일 때에 공면 포토다이오드의 상기 언급된 다른 구성에 있어서 하부영역(62)은 면(58)을 따라 우세(n+)영역의 극성과는 반대인 극성(p+)을 갖도록 도핑됨을 이해할 수 있을 것이다.

상기 언급된 바와 같이, 우세 극성영역(54)(도 2에서 보인 바와 같이 p+)은 반대 극성영역(56)(도 2에서 보인 바와 같이 n+)의 교차밴드 보다는 넓으나 전형적으로는 이 보다 얇은 밴드로 구성된다. 각 우세 극성영역(54)은 금속화 전기접점(64)과 결합되고 각 극성영역(56)은 금속화 전기접점(66)과 결합된다. 전기접점(64)(66)은 웨이퍼면(58)을 따라 각 극성밴드(54)(56)의 길이방향으로 연장되고(도 3에서 상세히 보임), 포토다이오드(50)의 일측면부에서 각각 애노우드 단자(70)와 캐소우드 단자(72)에 연결된다. 밴드(54)(56)에 대한 전기접점(64)(66)의 폭이 설명을 위하여 도 2에 비율을 감안하지 않은 상태로 도시되어 있다. 전기접점(64)(66)은 신틸레이팅 크리스탈(74)과 포토다이오드(50) 사이로 통과하는 청색광선의 간섭 또는 편향을 최소화 하도록 가능한 한 얇게 유지되어야 한다. 도 3에서, 전기접점(64)(66)이 보다 정확히 도시되어 있다.

X-선 검출시스템에 있어서, 각 우세극성영역(54)은 도 2에서 점선용곽으로 보이고 부호(74)로 표시한 적당한 신틸레이팅 크리스탈과 결합되어 있다. 도 2에서 보인 바와 같이, 본 발명의 우선 실시형태에서, 신틸레이팅

크리스탈(74)은 각 인접한 반대 극성밴드(56)에 중첩되도록 연장되게 밴드(54)의 양측에서 우세 극성밴드(54)와 실리콘 벌크영역(60)의 밴드를 덮을 수 있는 크기로 되어 있다. 신틸레이팅 크리스탈 배치수단은 포토다이오드의 밴드(54)에 대하여 각 크리스탈의 배치가 용이하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 금속화 정렬 마크가 이를 위하여 웨이퍼면(58)에 부착될 수 있다. 신틸레이팅 크리스탈(74)은 결합매체로 사용되는 실리콘 크리스탈 또는 기타 투광성 에폭시와 같은 통상적인 수단에 의하여 밴드(54)의 표면부분에 인접한 웨이퍼면(58)을 따라 부착된다. 에폭시 또는 접착제층(76)(도 4에서 보인 바와 같이)은 그 두께가 약 25~50 마이크로미터이다.

포토다이오드(50)는 일반적으로 통상적인 포토다이오드와 유사한 방식으로 작동하나 이러한 구성의 최적화된 구조에 의하여 그 결과는 현저히 개선되고 제조코스트가 낮아진다. 이와 같이, X-선 소오스로부터의 X-선이 신틸레이팅 크리스탈(74)로 입사되다 이는 X-선을 청색광선으로 변환시킨다. 신틸레이팅 크리스탈(74)로부터의 광자는 얇은 P-도핑영역(54)으로 통과하여 포토다이오드에 수 마이크로 밖에 침투하지 못하며, 여기에서 미미한 전자정공쌍을 발생한다. 이와 같이 발생된 전하는 각각 p+ 및 n+ 영역으로 확산되고 이로부터 전기접점(64)(66)으로 확산되어 신틸레이팅 크리스탈(74)로 흡수되는 X-선속(78)에 비례하는 전류를 발생한다.

도 2에 도시된 바와 같이 각각 구성된 병렬형 포토다이오드의 어레이에 있어서, 밴드(54)의 길이 정도이거나 약간 길은 길이로 각 우세 극성밴드의 양측에 인접한 반대극성의 밴드(56)는 인접한 포토다이오드 사이의 전기적인 스펙오우버(Spill-over) 현상을 차단하므로써 전기적인 누설을 최소화하고 에너지 관독을 감소시키는 채널스톱으로서 작용한다. 동일 또는 인접한 포토다이오드의 인접한 밴드(54)(56) 사이의 거리는 벌크실리콘 영역(60)의 부분을 활성화시키는 신틸레이팅 크리스탈로부터의 광량을 최소화 하기 위하여 밴드(54)(56)의 폭에 대하여 작게(약 10-25 마이크로 정도) 유지된다. 채널스톱 밴드(56)가 인접한 채널 폭으로의 전자스펙오우버 현상을 차단하므로 2차 발생전하가 적당한 밴드(54) 또는 밴드(56)에 의하여 수집될 것이다. 도 2와 도 3에서, 교차밴드(54)(56)를 분리하는 벌크실리콘(60)의 밴드(61)의 상대폭과 실리콘 웨이퍼의 전체 두께에 대한 밴드(54)(56)의 길이는 설명을 위하여 과장되게 도시되어 있다.

도 2의 3-3선의 확대 단면도로 보인 도 3의 포토다이오드(50)는 본 발명에 따른 포토다이오드의 우선구조를 보인 것이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 우세 P-도핑영역(54)은 포토다이오드(50)의 면(58)(도 2 참조)을 따라 중앙에 배치된 사각형의 영역이다. 모든 4개의 영역을 따라 사각형의 P-도핑영역(54)은 벌크실리콘영역(60)의 비교적 협소한 밴드(61)로 둘러 싸여 제 2의 보다 큰 사각형을 이룬다. 벌크실리콘영역(60)의 이러한 제 2의 대형 사각형(61)의 모든 측부를 따라서 N-도핑영역(56)으로 구성된 채널스톱이 형성된다. 포토다이오드의 양단부에서 채널스톱영역(56)의 배치는 변부효과와 관련된 전하누설을 최소화 하거나 배제한다. 채널스톱영역(56)이 사각형 영역(54)을 완전히 둘러 싸고 있는 본 발명의 우선 실시형태에 있어서, 벌크실리콘영역(60)의 주위밴드(61)와 채널스톱영역(56)은 사각형임을 알 수 있는 것이다.

전기접점(64)(66)은 P-도핑영역(54)과 N-도핑영역(56)의 단면도에서 설명을 위하여 중첩되게 도시되어 있다. 도 3에서 보인 바와 같이, 접점(64)으로부터 각 전기단자로의 전기적인 연결은 활성영역(54)의 짧은 측부에 서 접촉패드(70)를 통하여 이루어진다. 도 3의 포토다이오드(50)가 도 4에서 보인 바와 같이 다층의 인접 은 나이트와 공면 포토다이오드 어레이에 사용될 때에 포토다이오드를 둘러 싸고 있는 단일 금속화층은 어레이에서 각 전기접점(66)을 연결한다. 또한 광누설을 감소시키기 위하여 도 4에 도시된 바와 같이 공면 포토다이오드 어레이에서 인접한 신틸레이팅 크리스탈 사이의 물질을 분리하는 시이트(75)를 이용하는 것도 본 발명의 범위에 속한다.

도 4는 본 발명에 따른 공면 포토다이오드 어레이를 이용하는 X-선 검출시스템의 실시형태를 보인 것이다. 도 4에서 보인 바와 같이, 실리콘 웨이퍼(52)는 평면상의 면(58)을 따라 형성되고 실리콘벌크(l(n))영역(60) 쪽으로 연장된 다수의 교차하는 P-도핑(p+)영역(54)과 N-도핑(n-)영역(56)으로 구성된다. 영역(54)과 영역(56)의 교차밴드는 실리콘 벌크영역(60)의 협소밴드(61)에 의하여 분리되어 있다. 도 4에서 보인 바와 같이, P-도핑영역(54)은 N-도핑영역(56)에 비하여 영역(54)의 비교적 넓은 폭으로 보인 바와 같이 면(58)을 따라서 우세하다. 도 2에 관련하여 상기 언급된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시형태에서 우세영역(54)이 N-도핑영역(56)이고 영역(56)이 P-도핑영역일 수 있다.

도 4에서 보인 바와 같이, 본 발명의 우선 실시형태에서, 비우세영역(56)은 우세영역(54)의 길이보다 깊은 길이로 실리콘 벌크영역(60) 쪽으로 연장된다. 각 영역(54)에는 면(58)에 인접한 영역(54)의 일부를 따라서 연장된 금속화 전기접점(64)이 결합된다. 마찬가지로, 각 영역(56)에는 면(58)에 인접한 영역(56)의 부분을 따라 연장된 금속화 전기접점(66)이 결합된다.

각 우세영역(54)에는 에폭시 또는 접착제층(76)으로 면(58)에 접착된 신틸레이팅 크리스탈(74)이 결합된다. 각 신틸레이팅 크리스탈(74)은 모든 영역(54) 뿐만아니라 영역(54)에 인접하는 영역(56)의 밴드 사이의 면(58)의 전부를 덮고 도 4에서 보인 바와 같이, 영역(56)의 인접밴드에 부분적으로 겹치도록 우세영역(54)에 대하여 대면하는 크기로 배치되는 것이 좋다. 본 발명의 다른 실시형태에서, 도 4에서 보인 바와 같이, 분리재인 시이트(75)는 인접한 크리스탈과 이들에 결합된 영역(54) 사이에서 광선의 산란을 줄이기 위하여 인접한 신틸레이팅 크리스탈(74) 사이에 배치될 수 있다.

본 발명의, 공면 포토다이오드와 포토다이오드 어레이는 종래기술의 X-선 검출시스템의 성능에 비하여, X-선 검출성능이 약 25% 정도 개선된 결과를 보였다. 이러한 성능면에서의 개선은 본 발명의 공면 포토다이오드의 최적화된 구조로부터 나오는 것으로 전기적이고 광학적인 누설의 감소, 양호한 전하수집, 낮은 용량 및 신속한 응답에 기여하는 것으로 믿어진다. 상기 언급된 성능개선에 부가하여 본 발명의 공면 포토다이오드는 요구된 모든 공정(즉, 실리콘 웨이퍼의 도핑과 도핑영역에 대한 필수적인 전기적 연결)이 전적으로 실리콘 웨이퍼의 단일면을 따라 수행되므로 제조가 용이하고 신속하며 제조코스트가 낮다. 더욱이 단순화된 제조공정은 공면 포토다이오드의 균일성이 높도록 하여 결과의 재현성과 수율의 개선이 이루어진다.

이상의 본 발명은 설명을 위한 것으로 어떠한 제한을 두고자 하는 것은 아니다. 따라서, 당해분야의 전문가라면 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 본 발명의 실시형태에 여러가지 수정이나 변경을 가할 수 있을 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

흡수면을 가지고 상기 면을 연결하는 반도체수단으로 구성되는 X-선 검출용 공면 포토다이오드에 있어서, 상기 공면 포토다이오드가 제 1 극성을 가지고 제 1 길이로 상기 반도체수단 측으로 연장된 제 1 도핑영역, 상기 제 1 도핑영역과 반대극성을 가지고 상기 제 1 길이와 같거나 짧은 제 2 길이로 상기 반도체 수단 측으로 연장된 제 2 도핑영역, 상기 제 1 및 제 2 영역을 분리하고 이들을 하부에 배치하는 비도핑영역과, 상기 흡수면을 따라 상기 제 1 영역에 연결된 제 1 전기접점 수단으로 구성된 공면 포토다이오드.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 면을 따른 상기 제 1 도핑영역의 표면적이 상기 면을 따른 상기 제 2 도핑영역의 표면적 보다 큼을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 제 1 도핑영역이 상기 제 2 도핑영역으로 둘러 싸여 있음을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 제 2 도핑영역이 편향되지 않음을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 비도핑영역의 하부에 놓이고 상기 제 2 도핑영역과 동일한 극성을 갖는 제 3 도핑영역이 구성되어 있음을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 길이가 약 1-2 마이크로임을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 제 2 길이가 약 2-3 마이크로임을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 8

제 3 항에 있어서, 상기 제 1 길이가 약 1-2 마이크로이고 상기 제 2 길이가 약 2-3 마이크로임을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 영역의 면에 연결된 제 2 전기접점 수단이 구성되어 있음을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 제 2 전기접점 수단이 상기 제 2 영역의 면을 따라 배치된 협소한 금속스트립으로 구성됨을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 반도체 수단이 실리콘 웨이퍼로 구성됨을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 12

제 2 항에 있어서, 상기 제 1 영역이 P-도핑영역이고 상기 제 2 영역이 N-도핑영역임을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 13

제 2 항에 있어서, 상기 제 1 영역이 N-도핑영역이고 상기 제 2 영역이 P-도핑영역임을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 14

제 2 항에 있어서, 상기 제 1 도핑영역이 상기 면에서 중앙에 배치된 제 1 면으로 구성되고 상기 제 1 도핑영역이 상기 제 1 면을 제외하고 상기 비도핑영역으로 모든 측부가 둘러 싸여 있음을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 15

제 2 항에 있어서, 상기 제 1 도핑영역이 상기 면을 따라 중앙에 배치된 제 1 사각형 밴드로 구성되고 상기 제 2 도핑영역이 상기 제 1 사각형 밴드로 둘러 싸인 제 2의 대칭 사각형 밴드로 구성되며, 상기 제 1 및 제 2 사각형 밴드가 상기 비도핑영역의 밴드로 분리되어 있음을 특징으로 하는 공면 포토다이오드.

청구항 16

신탈레이팅 크리스탈에 흡수된 X-선에 의하여 발생하는 광선을 검출하기 위한 X-선 검출장치에 있어서, 상기

장치가 교차하는 P-도핑 및 N-도핑영역을 갖는 포토다이오드 수단으로 구성되고 전기접점이 상기 포토다이오드 수단의 단일평면을 따라 배치됨을 특징으로 하는 X-선 검출장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서, 상기 P-도핑 또는 N-도핑영역이 우세하고 비우세 도핑영역이 각 우세 도핑영역의 적어도 주변일부를 둘러 싸고 있음을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 안접한 P-도핑 및 N-도핑영역이 비도핑 물질의 밴드로 분리됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 각 비우세 도핑영역이 인접한 우세 도핑영역의 길이와 같거나 같은 길이로 연장됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

제 19 항에 있어서, 상기 포토다이오드 수단이 병렬로 정렬된 다수의 각 포토다이오드 유니트로 구성됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 21

제 20 항에 있어서, 상기 각 포토다이오드 유니트가 비우세 도핑영역으로 둘러 싸인 비도핑 물질에 의하여 둘러 싸이는 적어도 우세 도핑영역의 밴드를 갖는 공면 포토다이오드 면으로 구성됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 각 포토다이오드 유니트의 우세 도핑영역과 X-선 선틸레이팅 크리스탈이 구성되어 있음을 특징으로 하는 장치.

청구항 23

제 22 항에 있어서, 상기 각 선틸레이팅 크리스탈이 상기 포토다이오드 유니트의 상기 면을 따라 이에 결합된 포토다이오드 유니트에 접착됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 각 선틸레이팅 크리스탈이 상기 비우세 도핑영역의 상기 밴드 사이에서 상기 면의 일부를 덮고 상기 비우세 도핑영역의 상기 각 밴드에 중첩되도록 그 결합된 포토다이오드 유니트에 대하여 크기가 정하여져 배치됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 25

제 23 항에 있어서, 상기 각 선틸레이팅 크리스탈이 광에폭시로 그 결합된 포토다이오드 유니트에 접착됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 26

제 23 항에 있어서, 각 포토다이오드 유니트 상에 선틸레이팅 크리스탈 배치수단이 구성되어 있음을 특징으로 하는 장치.

청구항 27

제 26 항에 있어서, 상기 선틸레이팅 크리스탈 배치수단이 상기 면의 금속부착 정렬마크로 구성됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 28

제 17 항에 있어서, 상기 비우세 도핑영역이 편향되지 않음을 특징으로 하는 장치.

청구항 29

제 18 항에 있어서, 상기 P-도핑 및 N-도핑영역이 비도핑 물질의 층에 형성됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 30

제 29 항에 있어서, 상기 P-도핑 및 N-도핑영역의 대향측에 다른 비우세 도핑영역이 구성되어 있음을 특징으로 하는 장치.

청구항 31

제 19 항에 있어서, 상기 우세 도핑영역이 약 1-2 마이크로미터의 깊이로 연장되고 상기 비우세 도핑영역이 약 2-3 마이크로미터의 깊이로 연장됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 32

제 16 항에 있어서, 상기 전기접점이 상기 P-도핑 및 N-도핑영역의 면을 따라 협소한 금속스트립으로 구성됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 33

제 16 항에 있어서, 상기 포토다이오드가 실리콘 웨이퍼로 구성됨을 특징으로 하는 장치.

청구항 34

제 17 항에 있어서, 상기 P-도핑영역이 우세영역임을 특징으로 하는 장치.

청구항 35

제 17 항에 있어서, 상기 N-도핑영역이 우세영역임을 특징으로 하는 장치.

청구항 36

제 22 항에 있어서, 인접한 신틸레이팅 크리스탈 사이에 배치된 분리재의 시이트가 구성되어 있음을 특징으로 하는 장치.

청구항 37

X-선 소오스, X-선을 광선으로 변환시키기 위한 신틸레이팅 크리스탈 수단, 경계면을 따라 상기 크리스탈 수단에 접촉되어 광선을 전류로 변환시키는 포토다이오드 수단, 상기 X-선 소오스에 대하여 크리스탈과 포토다이오드 수단을 배치하기 위한 프레임수단, 포토다이오드 수단에서 발생된 전하를 수집하기 위한 전도체 수단과, 포토다이오드 수단으로부터의 전기적인 신호를 X-선 검출의 측정값으로 변환시키기 위한 전기적인 수단의 조합으로 구성되는 X-선 검출시스템에 있어서, 상기 경계면에 인접하여 상기 포토다이오드 수단의 교차하는 P-도핑 및 N-도핑영역이 구성되어 있으며, 상기 P 및 N-도핑영역이 비도핑 물질의 밴드로 분리되어 있고, 비우세 도핑영역이 각 우세 도핑영역의 적어도 주변일부를 둘러 싸고 상기 우세 도핑영역의 길이와 같거나 더 깊은 길이로 포토다이오드 수단측으로 연장되며, 전기접점이 상기 P 및 N-도핑영역과 결합되고 상기 경계면을 따라서 배치됨을 특징으로 하는 X-선 검출시스템.

청구항 38

제 37 항에 있어서, 상기 포토다이오드 수단이 병렬로 정렬된 각 포토다이오드 유니트의 어레이로 구성되고, 각 포토다이오드 유니트가 비우세 도핑영역으로 둘러 싸이는 비도핑 물질로 둘러 싸인 상기 우세 도핑영역의 밴드로 구성됨을 특징으로 하는 X-선 검출시스템.

청구항 39

제 38 항에 있어서, 상기 크리스탈 수단이 각 포토다이오드 유니트의 우세도핑영역과 결합된 신틸레이팅 크리스탈로 구성됨을 특징으로 하는 X-선 검출시스템.

청구항 40

제 39 항에 있어서, 인접한 신틸레이팅 크리스탈 사이에 배치된 분리재의 시이트가 구성되어 있음을 특징으로 하는 X-선 검출시스템.

도면

도면 1

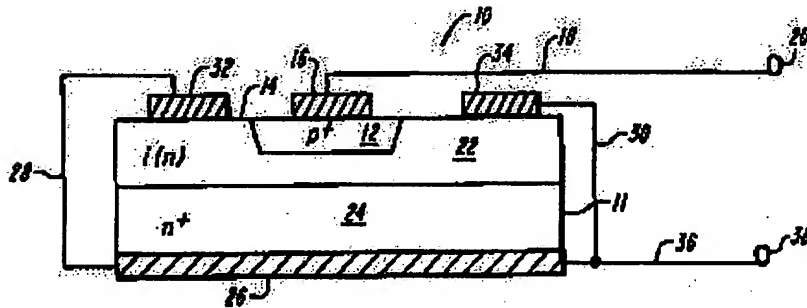
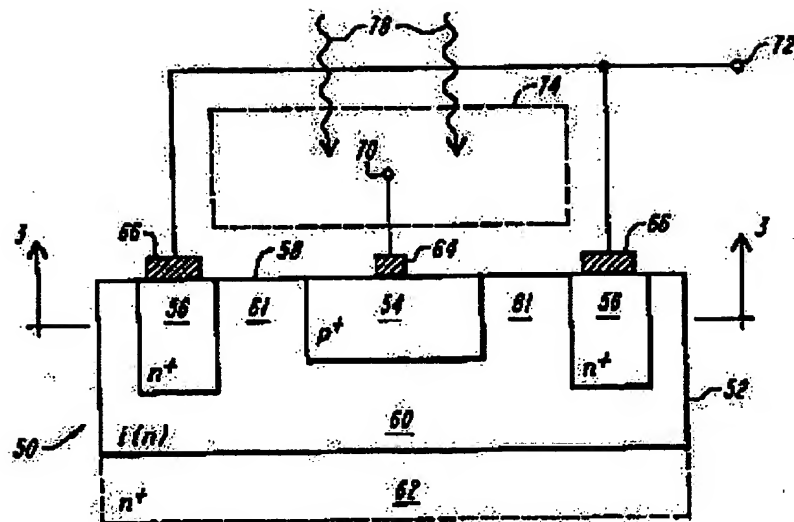


FIG. 2



도 13

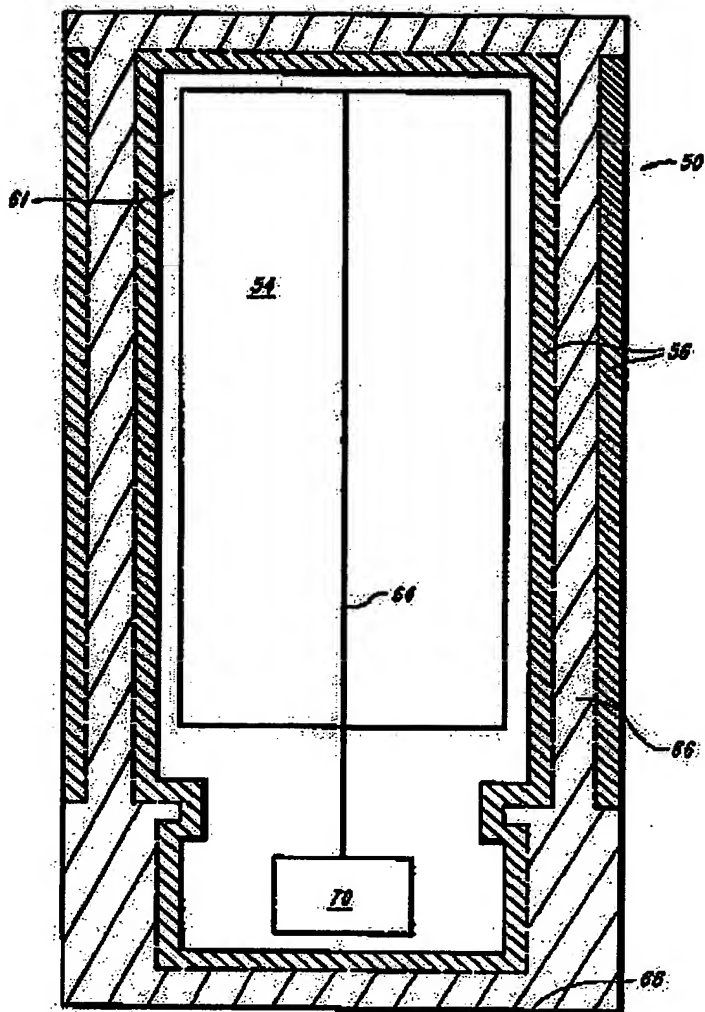
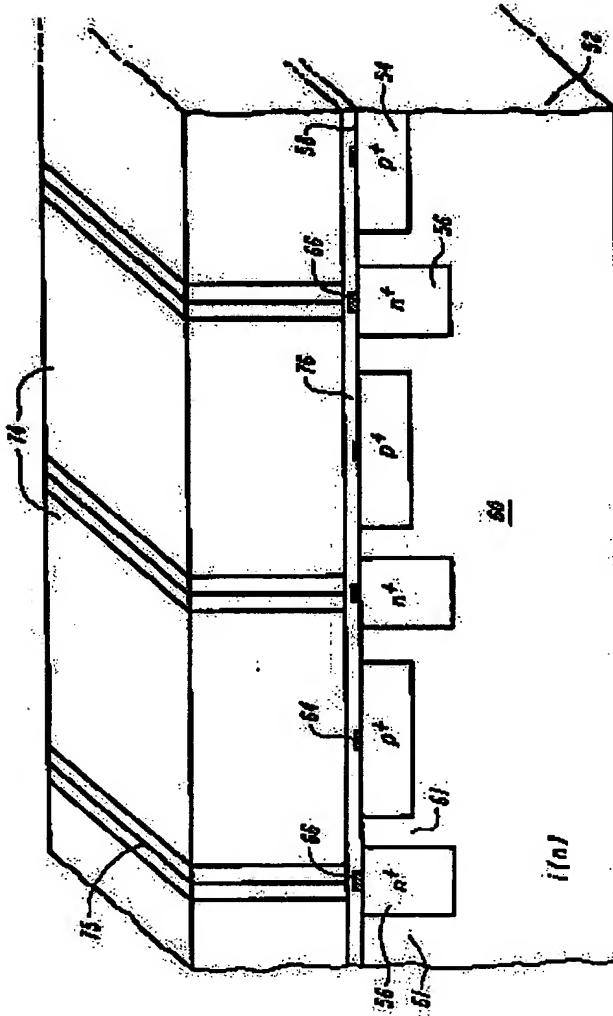


FIG. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.